|  |
| --- |
| **Рекомендация МСЭ-R SA.1160-3**  **(07/2017)** |
| **Критерии суммарных помех для систем передачи данных в спутниковой службе исследования Земли и метеорологической спутниковой службе, использующих спутники на геостационарной орбите** |
| **Серия SA**  **Космические применения и метеорология** |

**Предисловие**

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

**Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)**

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

|  |  |
| --- | --- |
| **Серии Рекомендаций МСЭ-R**  (Представлены также в онлайновой форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.) | |
| **Серия** | **Название** |
| **BO** | Спутниковое радиовещание |
| **BR** | Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения |
| **BS** | Радиовещательная служба (звуковая) |
| **BT** | Радиовещательная служба (телевизионная) |
| **F** | Фиксированная служба |
| **M** | Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы |
| **P** | Распространение радиоволн |
| **RA** | Радиоастрономия |
| **RS** | Системы дистанционного зондирования |
| **S** | Фиксированная спутниковая служба |
| **SA** | **Космические применения и метеорология** |
| **SF** | Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы |
| **SM** | Управление использованием спектра |
| **SNG** | Спутниковый сбор новостей |
| **TF** | Передача сигналов времени и эталонных частот |
| **V** | Словарь и связанные с ним вопросы |

|  |
| --- |
| ***Примечание****. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.* |

*Электронная публикация*Женева, 2018 г.

© ITU 2018

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SA.1160-3

Критерии суммарных помех для систем передачи данных в спутниковой службе исследования Земли и метеорологической спутниковой службе,   
использующих спутники на геостационарной орбите

(Вопрос МСЭ-R 141/7)

(1995-1997-1999-2017)

Сфера применения

Цель настоящей Рекомендации – предоставить критерии суммарных помех для линий передачи данных спутников ГСО в спутниковой службе исследования Земли и метеорологической спутниковой службе.

Ключевые слова

ССИЗ, МетСат, спутники ГСО, передача данных, критерии помех

Соответствующие Рекомендации и Отчеты

Рекомендации МСЭ-R SA.1022, МСЭ-R SA.1159 и МСЭ-R SA.1161

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

*a)* что критерии помех необходимы для обеспечения возможности разработки систем, демонстрирующих надлежащие характеристики в условиях наличия помех;

*b)* что критерии помех можно определить с использованием методики, описанной в Рекомендации МСЭ-R SA.1022, и требуемых рабочих характеристик, указанных в Рекомендации МСЭ-R SA.1159;

*c)* что критерии помех способствуют разработке критериев совместного использования полос частот системами, включая системы, работающие в других службах;

*d)* что для систем спутниковой службы исследования Земли (ССИЗ) и метеорологической спутниковой службы (МетСат) пороговые значения помех должны определяться на уровнях, не ниже допустимых уровней;

*e)* что в Приложении представлены параметры типовых систем, которые обеспечивают основу для определения критериев помех применительно к соответствующим передачам в службах ССИЗ и МетСат,

рекомендует

использовать уровни помех, указанные в таблице 1, в качестве допустимых суммарных уровней мощности мешающего сигнала на выходе антенны станций, работающих в службах ССИЗ и МетСат.

ТАБЛИЦА 1

Критерии помех для станций служб ССИЗ и МетСат, использующих   
космический аппарат на геостационарной орбите

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Полоса частот (МГц) | Мощность мешающего сигнала (дБВт) в эталонной ширине полосы,  которая будет превышена не более чем для 20% времени | Мощность мешающего сигнала (дБВт) в эталонной ширине полосы, которая будет превышена не более чем для *p*% времени |
| 1 670–1 710  космос-Земля | −158,0 дБВт на 1 МГц | −152,8 дБВт на 1 МГц  *p*  0,025 |
| 2 025–2 110  Земля-космос | −139,9 дБВт на 1 МГц | −136,6 дБВт на 1 МГц  *p*  0,025 |
| 25 500–27 000  космос-Земля | −144,6 дБВт на 10 МГц | −133,0 дБВт на 10 МГц  *p*  0,25 |
| ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Значения мощности мешающего сигнала (дБВт) в эталонной ширине полосы указаны для приема при углах места ≥ 3°.  ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Уровень полной мощности мешающего сигнала, который может быть превышен не более чем в течение *x*% времени, где *x* меньше 20%, но больше указанного процента времени (*p*% времени) действия кратковременной помехи, можно определить путем интерполяции между заданными величинами с использованием логарифмической шкалы (по основанию 10) для процента времени и линейной шкалы для плотности мощности мешающего сигнала (дБ).  ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Критерии помех могут быть выражены как допустимые значения плотности потока мощности главного луча приемной антенны путем вычитания 10log(*G*λ2/4π) из значения, указанного в таблице 1, где *G* –усиление приемной антенны, а λ – длина волны.  ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Основу критериев помех составляют описанные в Приложении системы, однако эти критерии помех применимы ко всем системам, которые работают в указанных полосах частот и обеспечивают указанные служебные функции. | | |

Приложение  
  
Основа для определения критериев помех

В настоящем Приложении представлены параметры, используемые в качестве исходных данных в методике определения критериев помех из Рекомендации МСЭ-R SA.1022 для передачи по линии вниз необработанных данных измерений на основные приемные земные станции спутникового оператора и распространения этих данных на пользовательские станции.

# 1 Передача необработанных данных измерений по линии вниз на основные приемные земные станции

В таблице 2 указаны критерии для передачи необработанных данных измерений по линии вниз на основные приемные земные станции, когда все помехи поступают непосредственно на приемные земные станции и эти станции не принимают каких-либо помех через спутник, передающий данные.

Критерии помех могут быть выражены как допустимые значения плотности потока мощности главного луча приемной антенны путем вычитания 10log(*G*λ2/4π) из значения, указанного в таблице 2, где *G* – усиление приемной антенны, а λ – длина волны.

ТАБЛИЦА 2

Характеристики передачи необработанных данных измерений по линии вниз на основные приемные земные станции, используемые в качестве основы для определения критериев помех для станций, работающих со спутниками на геостационарной орбите

a) Полоса частот 1670–1710 МГц

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр линии | | Значение | Примечания |
| Э.и.и.м. линии вниз | | 16,1 дБВт |  |
| Потери линии вниз | | 190,1 дБ | Свободное пространство, поляризация и неточность наведения антенны |
| *G*/*T* линии вниз | | 24,4 дБ (K–1) |  |
| *C/N*0 линии вниз | | 79,0 дБ.Гц |  |
| Скорость передачи данных | | 2,6 Мбит/с |  |
| Требуемое *C/N*0 | | 78,1 дБ.Гц | КОБ = 1  10−6 Потери реализации 2,2 дБ Потери модуляции 1 дБ |
| Запас | | 0,9 дБ | Долговременный и кратковременный |
| Усиление приемной антенны | | 45,1 дБи |  |
| Плотность шума приемника | | –207,9 дБ (Вт/Гц) |  |
| Критерии помех | Долговременные | –153,9 дБ (Вт/2,6 МГц) | *q*  1/3 и *M*min  1,2 дБ |
| Кратковременные | –148,7 дБ (Вт/2,6 МГц) | *q*  1 и *M*min  1,2 дБ |

b) Полоса частот 25,5–27,0 ГГц

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр линии | | Значение | Примечания |
| Э.и.и.м. линии вниз | | 55,5 дБВт |  |
| Потери линии вниз | Долговременные | 227,9 дБ | Свободное пространство, дождь и атмосферные явления, поляризация и неточность наведения антенны |
| Кратковременные | 231,3 дБ | Дополнительные потери 7,1 дБ |
| *G*/*T* линии вниз | | 37,6 дБ (K–1) |  |
| *C/N*0 линии вниз | Долговременные | 93,8 дБ.Гц |  |
| Кратковременные | 90,4 дБ.Гц |  |
| Скорость передачи данных | | 164 Мбит/с |  |
| Требуемое значение *C*/*N*0 | | 88,7 дБ.Гц | КОБ = 1 × 10−9 Потери реализации 1,5 дБ Потери модуляции 1,75 дБ |
| Запас | Долговременный | 5,1 дБ |  |
| Кратковременный | 1,7 дБ |  |
| Усиление приемной антенны | | 60,6 дБи | В том числе потери из-за неточности наведения |
| Плотность шума приемника | | –205,6 дБ (Вт/Гц) |  |
| Критерии помех | Долговременные | –144,6 дБ (Вт/10 МГц) | *q*  0,1 и *M*min  4,5 дБ |
| Кратковременные | –133,0 дБ (Вт/10 МГц) | *q*  1 и *M*min  4,5 дБ |

# 2 Распространение данных на пользовательские станции

На распространение обработанных данных высокого разрешения влияют помехи, принимаемые станцией через спутник, а также помехи, поступающие непосредственно на станцию в полосе частот 1670–1710 МГц. Обработанные данные высокого разрешения передаются на спутник в полосе 2025−2110 МГц и ретранслируются вместе с мешающими сигналами, поступающими на спутник в той же полосе частот, приемникам земных станций через спутниковые ретрансляторы с постоянным усилением.

Отношения несущая/шум плюс плотность помех линий вверх и вниз составляют соответственно:



и



где:

*I*01 и *I*02 : плотность помех, принимаемых приемниками спутника и станций;

*T*1 и *T*2 : шумовые температуры систем приемников спутника и станций;

*k*: постоянная Больцмана.

Суммарное отношение несущая/шум плюс плотность помех:



Согласно Рекомендации МСЭ-R SA.1022 это также можно записать следующим образом:



где:

*M*: запас помехоустойчивости;

*q*: доля запаса помехоустойчивости, которую могут поглощать помехи;

*C*/*N*0 : суммарное отношение несущей к плотности шума, определяемое как:



Из приведенных выше уравнений:



Предположим, что помехи в линиях вверх и вниз распределены так, что часть помех *p*, принимаемых земной станцией, поступает через спутник, а часть 1 – *p* – непосредственно на станцию. Желательно, чтобы значение *р* было близким к 1/2, с тем чтобы обеспечить разумный баланс между помехами в линиях вверх и вниз. Можно показать, что для ретранслятора с постоянным усилением



так что:



Соответственно, получим допустимую плотность помех в линии вверх:

 для *M*  *M*mín,

где в соответствии с Рекомендацией ITU-R SA.1022 *M*min– наименьший запас помехоустойчивости, из которого помехи поглощают только часть *q*.Следовательно, допустимая плотность помех в линии вниз:

 для *M*  *M*min.

В таблице 3 приведены расчеты *I*01 и *I*02 для данных высокого разрешения в предположении, что *p*  1/2, *q*  1/3 и *M*min  1,2 дБ для долговременных помех и *p*  1/2, *q*  1 и *M*min  1,2 дБ для кратковременных помех.

Критерии помех можно выразить как допустимые значения плотности потока мощности главного луча приемной антенны путем вычитания 10log(*G* λ2/4π) из значений, указанных в таблице 3, где *G* – усиление приемной антенны, а λ – длина волны.

ТАБЛИЦА 3

Анализ характеристик, используемых в качестве основы критериев помех при распространении данных высокого разрешения на пользовательские станции через геостационарные спутники

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр линии | Значение | Примечания |
| Э.и.и.м. линии вверх | 72,1 дБВт |  |
| Потери линии вверх | 191,7 дБ | Свободное пространство, поляризация и неточность наведения антенны |
| *G/T* линии вверх | −17,5 дБ (K–1) | Измерение после запуска |
| *C/N*0 линии вверх | 91,5 дБ/Гц |  |
| Э.и.и.м. линии вниз | 23,8 дБВт |  |
| Потери линии вниз | 190,1 дБ | Свободное пространство, поляризация и неточность наведения антенны |
| *G/T* линии вниз | 15,2 дБ (K−1) |  |
| *C/N*0 линии вниз | 77,5 дБ.Гц |  |
| Суммарное значение *C/N*0 | 77,3 дБ.Гц |  |
| Скорость передачи данных | 2,11 Мбит/с |  |
| Требуемое значение *C/N*0 | 75,9 дБ.Гц | КОБ  1  10−6  Потери реализации 1,9 дБ |
| Запас | 1,4 дБ |  |

ТАБЛИЦА 3 (*окончание*)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр линии | | Значение | Примечания |
| Усиление приемной антенны линии вверх | | 9,5 дБи |  |
| Плотность шума в линии вверх | | −201,6 дБ (Вт/Гц) | *T*  500 K |
| Критерий помех линии вверх (2025–2110 МГц) | Долговременных | –136,7 дБ (Вт/2,11 МГц) | *q* = 1/3 |
| Кратковременных | –133,4 дБ (Вт/2,11 МГц) | *q* = 1 |
| Усиление приемной антенны линии вниз | | 39,5 дБи |  |
| Плотность шума в линии вниз | | −204,3 дБ (Вт/Гц) | *T*  269 K |
| Критерий помех линии вниз (1670–1710 МГц) | Долговременных | −153,4 дБ (Вт/2,11 МГц) | *q*  1/3 |
| Кратковременных | −148,1 дБ (Вт/2,11 МГц) | *q*  1 |

# 3 Заключение

## 3.1 Полоса частот 1670–1710 МГц

Вышеприведенный анализ дает два набора критериев помех: для передачи необработанных данных измерений по линии вниз на основные земные приемные станции и для распространения данных на пользовательские станции.

Предполагается, что передача необработанных данных измерений по линии вниз на основные приемные земные станции наилучшим образом характеризует системы, работающие в данной полосе частот. Для упрощения предлагается привести эти критерии к полосе шириной 1 МГц, что дает следующие значения:

– долговременные помехи: −158,0 дБВт/МГц;

– кратковременные помехи: −152,8 дБВт/МГц.

## 3.2 Полоса частот 2025–2110 МГц

Приведенный выше анализ обеспечивает единственный набор критериев помех для систем распространения данных. Для упрощения предлагается привести эти критерии к полосе шириной 1 МГц, что дает следующие значения:

– долговременные помехи: −139,9 дБВт/МГц;

– кратковременные помехи: −136,6 дБВт/МГц.

## 3.3 Полоса частот 25,5–27 ГГц

Вышеприведенный анализ обеспечивает единственный набор критериев помех для передачи необработанных данных измерений по линии вниз на основные приемные станции, представляющие собой системы нового поколения, работающие в полосе частот 25,5–27 ГГц, и дает следующие значения:

– долговременные помехи: −144,6 дБВт/10 МГц;

– кратковременные помехи: −133,0 дБВт/10 МГц.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_